

## Analisis Efektivitas *Heat Exchanger Generator Thrust Bearing Oil Cooler* Unit 7 PLTA Cirata

Annisa Sekarayu Permanajati, Imroatunnisa, Elfi Nurrohmah, Benhur Nainggolan  
Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta  
Jl. G.A. Siwabessy Kampus Baru UI, Beji, Kukusan, Kota Depok.  
[imroatunnisa29@gmail.com](mailto:imroatunnisa29@gmail.com)

### Abstrak

Alat penukar kalor digunakan sebagai peralatan pendinginan maupun pemanasan di bidang industri. Tubular alat penukar kalor adalah salah satu alat penukar kalor yang terdiri dari sebuah tabung besar (shell) dengan sejumlah pipa (tube). PLTA Cirata memiliki peralatan bantu sistem pendinginan berupa generator thrust bearing oil cooler. Generator thrust bearing oil cooler menggunakan tipe shell and tube heat exchanger one shell pass two tube pass. Oil cooler berfungsi sebagai pendingin minyak pelumas dengan media air. Minyak pelumas yang mengalir di dalam shell oil cooler digunakan untuk mendinginkan, melumasi, serta meredam getaran pada generator thrust bearing. Air pendingin yang mengalir di dalam tube oil cooler berasal dari air buangan draft tube yang dipompakan oleh cooling water pump. Cara untuk mendapatkan hasil perpindahan panas oil cooler maksimal, dibutuhkan temperatur minyak pelumas yang keluar dari oil cooler sebesar 36°C. Dari data yang diamati, temperatur minyak pelumas yang keluar dari oil cooler mengalami kenaikan tertinggi sebesar 41°C. Analisis dilakukan dengan metode Log Mean Temperature Diferensial (LMTD). Kinerja generator thrust bearing oil cooler dapat diketahui dari perhitungan efektivitas heat exchanger dengan parameter temperatur fluida masuk dan suhu fluida keluar, debit fluida, massa jenis fluida, kapasitas kalor fluida, dan koefisien perpindahan panas fluida serta luas penampang dari shell dan tube. Pada data pengujian mesin, laju perpindahan panas oil cooler sebesar 297,718 kW dan efektivitas oil cooler sebesar 0,46. Namun terjadi penurunan pada data operasi saat ini didapatkan laju perpindahan panas oil cooler dengan rata-rata sebesar 175,899 kW dan efektivitas oil cooler dengan rata-rata sebesar 0,272. Hal tersebut disebabkan adanya penurunan perbedaan temperatur minyak pelumas sebesar 4°C seharusnya perbedaan temperatur minyak pelumas dapat mencapai 9°C. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung nilai efektivitas dan laju perpindahan panas heat exchanger pada generator thrust bearing oil cooler di PLTA Cirata melalui perbandingan dari data pengujian mesin dan data operasi saat ini.

**Kata kunci :** oil cooler, perpindahan panas, shell-tube, efektivitas

### Abstract

Heat exchangers are used as cooling and heating equipment in industry. Shell and tube heat exchanger is one of heat exchanger consists of a shell with a number of tubes. PLTA Cirata has cooling system in the form of thrust bearing oil cooler generator. Thrust bearing oil cooler generator using shell and tube type heat exchanger one shell pass two tube pass. Oil cooler used for lubricating oil cooler with water medium. Lubricating oil is used to cool, lubricate, and reduce vibration in the thrust bearing generator. The cooling water flowing in the tube oil cooler comes from the draft tube drainage pumped by the cooling water pump. How to get maximum oil cooler heat transfer results, it takes the temperature of lubricating oil out of the oil cooler of 36 ° C. From the observed data, the temperature of lubricating oil out of the oil cooler experienced the highest increase of 41 ° C. The analysis using Logarithmic Mean Temperature Diferensial (LMTD) method. The performance of thrust bearing oil cooler generator can be seen from the calculation of the effectiveness of heat exchanger with parameters of inlet fluid temperature and outlet fluid temperature, fluid flow, fluid density, fluid heat capacity, and fluid heat transfer coefficient also cross-sectional area of the shell and tube. In commissioning data, oil cooler heat transfer rate is 297,718 kW and oil cooler effectiveness is 0.46. However, there is a decrease in current operating data obtained oil cooler heat transfer rate with an average of 175.899 kW and oil cooler effectiveness with an average of 0.272. This is due to a decrease in the temperature difference of the lubricating oil of 4 ° C should the temperature difference of the lubricating oil can reach 9 ° C. This study aims to determine the value of effectiveness and heat transfer heat exchanger rate on thrust bearing oil cooler generator at PLTA Cirata through comparison of commissioning data and current operating data.

**Keywords:** oil cooler, heat transfer, shell-tube, effectiveness

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pembangkit listrik tenaga air merupakan energi bersih, tidak menimbulkan polusi, dan sumber energi terbarukan. PLTA menggunakan air yang dapat digunakan kembali untuk kebutuhan lain, seperti irigasi. Cara kerjanya yaitu air menggerakkan *runner* turbin untuk menghasilkan listrik. Hal ini dilakukan dengan cara mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik, kemudian energi kinetik diubah menjadi energi mekanik turbin air yang dihubungkan dengan generator sehingga dapat menghasilkan listrik. [1]

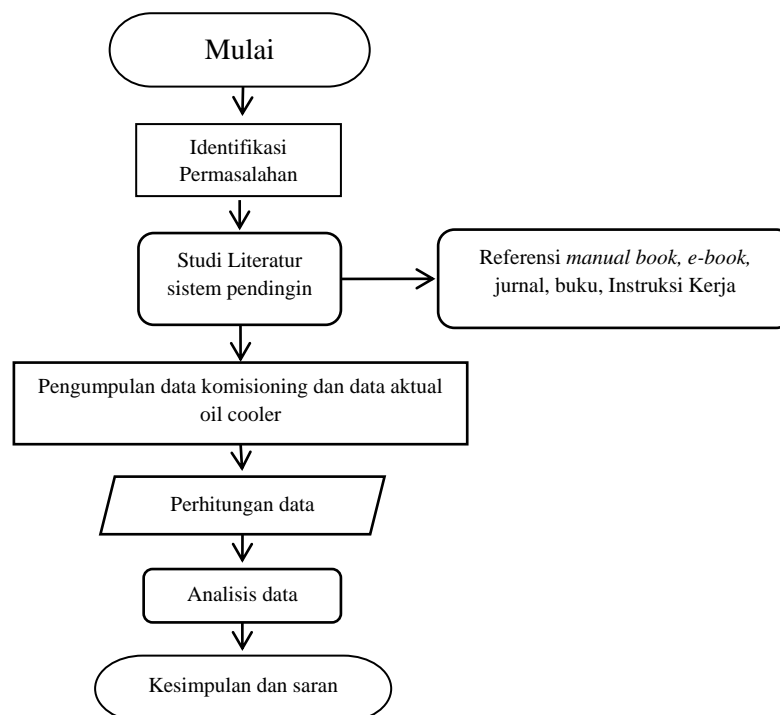
Generator merupakan komponen utama pembangkit listrik, di mana tegangan yang diinduksikan pada kumparan tergantung pada kuat medan magnet, panjang penghantar dalam kumparan dan kecepatan putar. Generator yang dihubungkan seporos dengan turbin air, memiliki bantalan poros yang berfungsi sebagai penahan beban generator terhadap poros. Generator dioperasikan secara terus menerus, maka diperlukan sistem pendingin untuk menjaga temperatur bantalan poros dengan menggunakan minyak pelumas. Minyak pelumas melakukan penyerapan kalor dari bantalan poros sehingga bantalan poros tidak mengalami panas berlebih. Proses pertukaran panas ini dibutuhkan sebuah *heat exchanger*.

*Heat exchanger* adalah sebuah peralatan yang digunakan untuk menukarkan panas antara dua fluida yang memiliki perbedaan temperatur tetapi tetap menjaga agar kedua fluida tidak tercampur satu sama lain. *Heat exchanger* biasanya digunakan pada berbagai aplikasi, mulai dari pemanas dan pendingin pada peralatan rumah tangga hingga pemrosesan kimia dan produksi listrik skala besar. *Heat exchanger* berbeda dengan ruang bakar. Perpindahan panas pada *heat exchanger* biasanya melalui proses konduksi dan konveksi melalui dinding pemisah kedua fluida. *Heat exchanger* bekerja dengan U sebagai koefisien perpindahan panas total. Perpindahan panas dipengaruhi oleh luas permukaan *heat exchanger* yang bergantung pada besarnya temperatur di area tersebut. [2]

Pada *Generator Thrust Bearing Oil Cooler* unit 7 PLTA Cirata menggunakan tipe *shell and tube*. *Shell and tube* merupakan *heat exchanger* berupa sebuah cangkang berbentuk silinder (*shell*) dan pipa-pipa yang didesain berada sejajar di dalam cangkang (*tubes*). *Generator Thrust Bearing Oil Cooler* Unit 7 PLTA Cirata memiliki bentuk aliran *one pass shell two pas tube*. Pada penelitian ini membahas efektivitas *heat exchanger* dengan perbandingan antara data komisioning dan data aktual pada saat ini.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Diagram Alir Metode Pelaksanaan



Gambar 1 Diagram Alir Metode Penelitian

## 2.2 Metode Pelaksanaan

Tahap awal dalam penelitian ini adalah observasi. Observasi ini dilakukan pada saat melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) dan mencari informasi kepada orang-orang industri atau pembimbing untuk mengetahui permasalahan yang ada pada dunia industri. Tahap selanjutnya adalah studi literatur yaitu mencari semua informasi dari *manual book*, *e-book*, jurnal, buku, dan instruksi kerja yang berhubungan dengan sistem pendinginan sehingga dapat menunjang kebutuhan penelitian. Setelah semua informasi telah diperoleh, langkah selanjutnya yaitu melakukan pengumpulan data. Data untuk penelitian ini diperoleh dari *logsheet* kerja operasi di PLTA Cirata. Kemudian data diolah menggunakan formula-formula termodinamika untuk mendapatkan nilai efektivitas *heat exchanger*. Setelah mendapatkan perhitungan efektivitas *heat exchanger*, langkah berikutnya yaitu analisis data dan metode terakhir yaitu berisi kesimpulan dan saran dari hasil analisis.

*Generator thrust bearing oil cooler* Unit 7 PLTA Cirata memiliki spesifikasi seperti pada tabel 1.1

Tabel 1.1 Spesifikasi *Generator thrust bearing oil cooler* Unit 7 PLTA Cirata

Tipe	OK-6/440 ( <i>Shell &amp; Tube</i> )
Diameter <i>tube</i>	Ø 3/8"
Bentuk <i>tube</i>	<i>Round seamless tube</i>
Material <i>tube</i>	CuNi (90% Cu, 10% Ni)
Jumlah <i>tube</i>	556
Panjang <i>tube</i>	4460 mm
Material <i>tube sheet</i>	Brass (kuningan)
Diameter <i>tube sheet</i>	Ø 390 mm
Tebal <i>tube sheet</i>	25 mm
Material <i>baffle</i>	Brass (kuningan)
Jumlah <i>baffle</i>	17 unit
Tebal <i>baffle</i>	2 mm
Diameter pengikat <i>baffle</i>	Ø 14 mm
Jumlah pengikat <i>baffle</i>	6 unit
Panjang pengikat <i>baffle</i>	3900 mm

## 2.3 Efektivitas *Heat Exchanger*

Efektivitas adalah suatu nilai pendekatan yang banyak dipergunakan dalam kegiatan analisis atau perancangan sebuah *heat exchanger*, di samping metode beda temperatur rata-rata logaritmik (LMTD). Suatu sistem pendinginan dapat dianalisis efektivitasnya, apakah sudah sesuai atau masih kurang dalam melakukan kerjanya. Efektivitas atau kinerja dapat diartikan sebagai daya guna atau sebuah pencapaian. Adanya kesesuaian dalam suatu kegiatan melaksanakan kerja dengan sasaran yang dituju. Efektivitas *heat exchanger shell-tube* berarti suatu pencapaian alat penukar panas dalam melakukan kerjanya. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi nilai efektivitas yaitu temperatur, kecepatan/debit, dan luas penampang. [3]

Efektivitas *heat exchanger* dapat diketahui melalui perhitungan dengan rumus sebagai berikut

$$\varepsilon = \frac{Q_{actual}}{Q_{max}} \quad (2.1)$$

Q aktual merupakan laju perpindahan panas aktual dari panas yang dilepaskan oleh fluida panas atau yang diserap oleh fluida dingin yang mengalir di *heat exchanger*. Ada 2 perhitungan untuk mendapatkan nilai Q aktual, yaitu [2]

$$Q_{actual} = \dot{m}_c \times c_{pc} \times (T_{c\ out} - T_{c\ in}) \quad (2.2)$$

atau

$$Q_{actual} = \dot{m}_h \times c_{ph} \times (T_{h\ in} - T_{h\ out}) \quad (2.3)$$

Di mana :

$\dot{m}_c$  = laju massa fluida dingin (kg/s)

$\dot{m}_h$  = laju massa fluida panas (kg/s)

$c_{pc}$  = kapasitas kalor spesifik fluida dingin (kJ/kg K)

$c_{ph}$  = kapasitas kalor spesifik fluida panas (kJ/kg K)

$T_{c\ in}$  = suhu masuk fluida dingin (K)

$T_{c\ out}$  = suhu keluar fluida dingin (K)

$T_{h\ in}$  = suhu masuk fluida panas (K)

$T_{h\ out}$  = suhu keluar fluida panas (K)

Q max merupakan nilai perpindahan panas terbesar yang dihasilkan oleh fluida yang mengalir di *heat exchanger*. Q max memiliki rumus sebagai berikut, [3]

$$Q_{max} = C_{min} \times (T_{h\ in} - T_{c\ in}) \quad (2.4)$$

Di mana :

$C_{min}$  = hasil dari  $\dot{m}_c \times c_{pc}$  atau  $\dot{m}_h \times c_{ph}$  yang memiliki nilai terkecil

#### 2.4 Metode Perhitungan Logarithmic Mean Temperature Difference

Pada suatu heat exchanger dapat bergerak *parallel flow* atau *counter flow*, dan profil temperaturnya dapat ditunjukkan. Perbedaan temperatur antara fluida panas dan fluida dingin berubah antara sisi masuk dan sisi keluar, hal tersebut dapat ditentukan dengan menggunakan formula : [3]

$$Q = U A_s \Delta T_m \quad (2.5)$$

Persamaan untuk menghitung nilai LMTD dari masing-masing jenis *heat exchanger* yaitu : [4]

1. *Parallel flow* dan *counter flow*

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \left( \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right)} \quad (2.6)$$

Di mana untuk *parallel flow* :

$$\Delta T_1 = T_{h1} - T_{c1} \quad (2.7)$$

$$\Delta T_2 = T_{h2} - T_{c2} \quad (2.8)$$

Sedangkan untuk *counter flow* :

$$\Delta T_1 = T_{h1} - T_{c2} \quad (2.9)$$

$$\Delta T_2 = T_{h2} - T_{c1} \quad (3.0)$$

2. Multi pass dan cross flow :

$$\Delta T_{lm} = F \cdot \Delta T_{cf} \quad (3.1)$$

Di mana :

F = faktor koreksi,  $F < 1$

$\Delta T_{lm}$  = LMTD counterflow (K)

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengolahan data efektivitas dan koefisien perpindahan panas *generator thrust bearing oil cooler* Unit 7 PLTA Cirata. Hasil pengolahan data membandingkan antara data komisioning dan data saat ini disajikan berupa tabel dan grafik serta hasil analisis kinerja *generator thrust bearing oil cooler* Unit 7 PLTA Cirata.

Tabel 2 Data Commissioning 2014

Comissioning	Tc <sub>1</sub> (°C)	Tc <sub>2</sub> (°C)	Th <sub>1</sub> (°C)	Th <sub>2</sub> (°C)	Q aktual (kW)	Q maks (kW)	U (W/m <sup>2</sup> K)	LMTD	ε
	26,7	31,72	44	36	297	642,267	355	10,18	0,462

Tabel 3 Kinerja *Heat Exchanger* pada 12 Maret 2018

12-Mar-18	Jam	Tc <sub>1</sub> (°C)	Tc <sub>2</sub> (°C)	Th <sub>1</sub> (°C)	Th <sub>2</sub> (°C)	Q aktual (kW)	Q maks (kW)	U (W/m <sup>2</sup> K)	LMTD	ε	Rf (m <sup>2</sup> °C/W)
	11:00	27	29,8	44,5	39,5	186,610	653,134	185,601	13,557	0,286	0,0031
	12:00	27	29,8	44,5	39,5	186,610	653,134	185,601	13,557	0,286	0,0031
	13:00	27	29,8	44,5	39,5	186,610	653,134	185,601	13,557	0,286	0,0031
	14:00	27	29,5	44	39,5	186,476	634,018	190,63	13,189	0,294	0,0029
	15:00	27	30,1	44,5	39	205,197	652,900	210,256	13,159	0,314	0,0024
	16:00	27	29,5	44	39,5	167,888	634,245	168,256	13,454	0,265	0,0037
	17:00	27	29,2	44	40	149,288	634,473	145,331	13,85	0,235	0,0047
	18:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	179,132	14,056	0,278	0,0033
	19:00	27	29,5	45	40	186,743	672,275	177,599	14,177	0,278	0,0033
	20:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	179,132	14,056	0,278	0,0033
	21:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	179,132	14,056	0,278	0,0033
	22:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	179,132	14,056	0,278	0,0033
23:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	179,132	14,056	0,278	0,0033	
0:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	179,132	14,056	0,278	0,0033	

Tabel.4 Kinerja *Heat Exchanger* pada 13 Maret 2018

13-Mar-18	Jam	Tc <sub>1</sub> (°C)	Tc <sub>2</sub> (°C)	Th <sub>1</sub> (°C)	Th <sub>2</sub> (°C)	Q aktual (kW)	Q maks (kW)	U (W/m <sup>2</sup> K)	LMTD	ε	Rf (m <sup>2</sup> °C/W)
	11:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,0034
	12:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,0034
	13:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,0034
	14:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,0034
	15:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,0034

	16:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,0034
	17:00	27	29,2	45	41	149,501	672,756	122,832	14,852	0,222	0,0053
	18:00	27	29,2	45	41	149,501	672,756	122,832	14,852	0,222	0,0053
	19:00	27	29,2	45	41	149,501	672,756	122,832	14,852	0,222	0,0053
	20:00	27	29,2	45	41	149,501	672,756	122,832	14,852	0,222	0,0053
	21:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,0034
	22:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,0034
	23:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,0034
	0:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,0034

Tabel.5 Kinerja *Heat Exchanger* pada 14 Maret 2018

14-Mar-18	Jam	Tc1 (°C)	Tc1 (°C)	Th1 (°C)	Th2 (°C)	Q aktual (kW)	Q maks (kW)	U (W/m2 K)	LMTD	ε	Rf (m <sup>2</sup> °C/W)
	11:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	45	0,00336
	12:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	45	0,00336
	13:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	45	0,00336
	14:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	45	0,00336
	15:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	45	0,00336
	16:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	45	0,00336
	17:00	27	29,3	43	39	149,074	596,294	141,57	12,849	43	0,00425
	18:00	27	29,3	43	39	149,074	596,294	141,57	12,849	43	0,00425
	19:00	27	30,4	43	39	149,074	596,294	141,57	12,849	43	0,00395
	20:00	27	29,3	43	39	149,074	596,294	141,57	12,849	43	0,00425
	21:00	27	29,3	43	39	149,074	596,294	141,57	12,849	43	0,00425
	22:00	27	29,3	43	39	149,074	596,294	141,57	12,849	43	0,00425
23:00	27	29,3	43	39	149,074	596,294	141,57	12,849	43	0,00425	
0:00	27	29,3	43	39	149,074	596,294	141,57	12,849	43	0,00425	

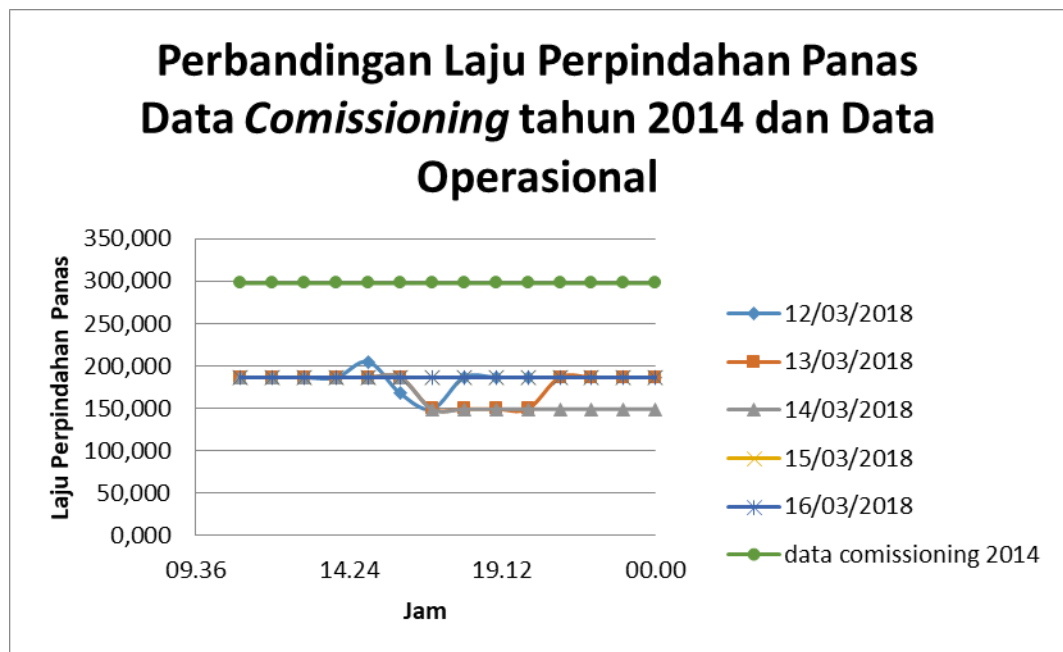
Tabel.5 Kinerja *Heat Exchanger* pada 15 Maret 2018

15-Mar-18	Jam	Tc1 (°C)	Tc1 (°C)	Th1 (°C)	Th2 (°C)	Q aktual (kW)	Q maks (kW)	U (W/m2 K)	LMTD	ε	Rf (m <sup>2</sup> °C/W)
	11:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,0034
	12:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,0034
	13:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,0034
	14:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,0034
	15:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,0034
	16:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,0034
	17:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,0034
	18:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,0034
	19:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,0034
	20:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,0034
21:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,0034	

	22:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,0034
	23:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,0034
	0:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,0034

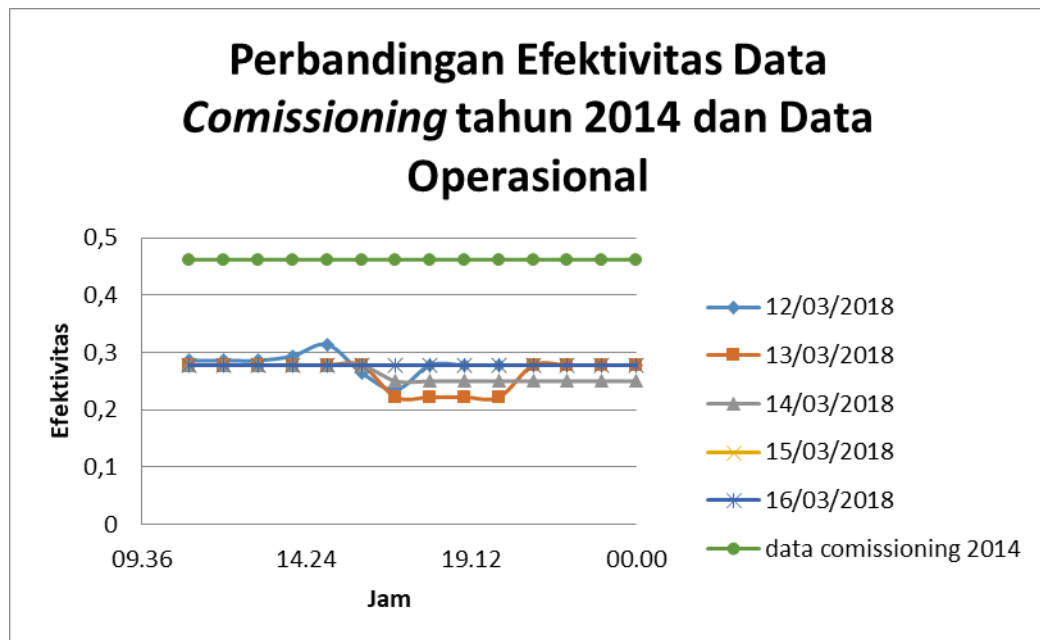
Tabel.6 Kinerja Heat Exchanger pada 16 Maret 2018

15-Mar-18	Jam	Tc1 (°C)	Tc1 (°C)	Th1 (°C)	Th2 (°C)	Q aktual (kW)	Q maks (kW)	U (W/m2 K)	LMTD	ε	Rf (m <sup>2</sup> °C/W)
	11:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,00336
	12:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,00336
	13:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,00336
	14:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,00336
	15:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,00336
	16:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,00336
	17:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,00336
	18:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,00336
	19:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,00336
	20:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,00336
	21:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,00336
	22:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,00336
23:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,00336	
0:00	27	29,8	45	40	186,743	672,275	162,096	14,058	0,278	0,00336	



Gambar 2 perbandingan laju perpindahan panas data komissioning tahun 2014 dan data operasional

Pada gambar 4.3, laju perpindahan panas data komisioning yang didapatkan sebesar 366,754 kW sedangkan rata-rata laju perpindahan panas data saat ini didapatkan sebesar 174,83 kW. Nilai efektivitas data operasional terbesar yaitu tanggal 12 Maret 2018 pada jam 19:00 sebesar 210,256 kW sedangkan terendah tanggal 13 Maret 2018 pada jam 17:00-20:00 sebesar 122,832 kW.



Gambar 3 perbandingan efektivitas data komissioning tahun 2014 dan data operasional

Efektivitas dipengaruhi oleh suhu masuk dan suhu keluar kedua fluida di dalam *oil cooler*. Pada gambar 4.4, efektivitas data komisioning yang didapatkan sebesar 0,462 sedangkan rata-rata efektivitas data operasional didapatkan sebesar 0,27. Nilai efektivitas data operasional terbesar yaitu tanggal 12 Maret 2018 pada jam 19:00 sebesar 0,314; sedangkan efektivitas data operasional terkecil tanggal 13 Maret 2018 pada jam 17:00-20:00 sebesar 0,22. Dari hasil efektivitas data operasional terendah mengalami penurunan sebesar 51,948%. Dugaan penyebab penurunan efektivitas pada alat penukar kalor salah satunya karena faktor pengotoran (*fouling factor*), faktor pengotoran di dalam *generator thrust bearing oil cooler*, maka selisih perbedaan suhu masuk dan keluar air pendingin ( $\Delta T_c$ ) serta selisih perbedaan suhu masuk dan suhu keluar oli pelumas ( $\Delta T_h$ ) mengalami penurunan. Dari data *comissioning* tahun 2014, selisih perbedaan suhu masuk dan keluar air pendingin adalah  $5^\circ\text{C}$  dan selisih perbedaan suhu masuk dan keluar oli pelumas adalah  $8^\circ\text{C}$ . Sedangkan pada data operasional didapatkan rerata selisih perbedaan suhu masuk dan keluar air pendingin adalah  $2,875^\circ\text{C}$  dan selisih perbedaan suhu masuk dan keluar oli pelumas adalah  $4,5^\circ\text{C}$



#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari analisis adalah :

1. Efektivitas data *comissioning* 2014 *generator thrust bearing oil cooler* Unit 7 PLTA Cirata adalah 0,462. Sedangkan untuk data operasional terbesar *generator thrust bearing oil cooler* Unit 7 PLTA Cirata pada tanggal 12 sampai 16 Maret 2018, efektivitas terbesar adalah 0,314 terjadi pada tanggal 12 Maret 2018 jam 19:00 serta efektivitas terkecil adalah 0,22 terjadi pada tanggal 13 Maret 2018 jam 17:00-20:00. Hasil tersebut berada di bawah data *comissioning* sehingga efektivitas mengalami penurunan. Penurunan efektivitas tersebut disebabkan faktor pengotoran di dalam *generator thrust bearing oil cooler* sebesar  $0,0031 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$
2. Besar penurunan efektivitas *generator thrust bearing oil cooler* Unit 7 PLTA Cirata adalah 51,948% pada tanggal 13 Maret 2018

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Patel, P.S.U., "Study on Power Generation by Using Cross Flow Water Turbine," *IJRET : International Journal of Research in Engineering and Technology*, vol. 04, no. 05, 2015.
- [2] A. J. G. Yunus A. Cengel. Heat and Mass Transfer Fundamentals & Applications Fifth Edition in SI Units, Singapore: MC Graw Hill Education.
- [3] Jack. P. Holman. Heat Transfer, Tenth Edition, New York: McGraw-Hill. 2010
- [4] Sudrajat, Jajat; Analisis Kinerja Heat Exchanger Shell-Tube pada Sistem COG Booster di Integrated Steel Mill Krakatau; *Jurnal Teknk Mesin*, 2017, 174-181